

Таким образом, была решена инженерная задача по спуску обсадной колонны 140 x 146 мм до забоя 4360 м с применением мобильной буровой установки с грузоподъемностью 140 т за счет частичного опорожнения.

Установлена удовлетворительная сходимость расчетных величин с фактическими значениями.

УДК 665.613

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РЕЖИМА ТЕМПЕРАТУРЫ ХРАНЕНИЯ НЕФТЕПРОДУКТОВ В РЕЗЕРВУАРАХ В УСЛОВИЯХ ТУРКМЕНИСТАНА

А. Байрамов

Государственный энергетический институт Туркменистана, г. Мары

Величина потерь нефтепродуктов, вызванных испарением их из резервуара, во многом зависит от температурного режима резервуара, т. е. от диапазона (амплитуды) температуры паров воздуха и температуры нефтепродукта. При равенстве ряда условий температурный режим водоема формируется в результате метеорологических величин, т. е. под влиянием солнечной радиации и температуры окружающего воздуха.

Рассмотрим некоторые особенности разработанной математической модели. Количество тепла, воздействующего на нефтедобывающие резервуары, зависит от количества солнечного излучения, которое они получают в течение дня, и температуры воздуха. Напротив, потери нефтепродуктов происходят в жаркое время года. В это время парциальное (личное) давление жидкости является высоким из-за высокой температуры нефтепродукта в резервуарах и паровоздушного газа в верхнем слое жидкости. Поэтому в жаркие месяцы потери в водохранилище крайне высоки.

Солнечную радиацию и изменение температуры воздуха в течение дня можно математически описать как двухчленную (членную) гармоническую функцию:

$$I = I_1 + I_2 e^{j\omega\tau}; \quad (1)$$

$$t_0 = t_{01} + t_{02} e^{i\left(\omega\tau - \frac{\pi}{4}\right)}. \quad (2)$$

Огромная масса резервуара с нефтепродуктами влияет на увеличение его тепловой инерции. Следовательно, температура нефтепродуктов тоже периодически меняется днем и ночью по гармоническому закону, но немного запаздывает по своей фазе, т. е. максимальная и минимальная температура нефтепродукта не совпадает с температурой наружного воздуха.

С учетом вышеизложенного рассчитывается тепловой баланс резервуара с нефтепродуктами:

$$CM \frac{dt}{d\tau} = Q_{kr} + Q_q + Q_{yx}, \quad (3)$$

где C – удельная теплоемкость нефтепродукта; M , t – масса и температура продукта, τ – время; Q_{kr} – тепло резервуара, идущее от кровли; Q_q – тепло резервуара, идущее от боковых частей; Q_{yx} – потеря тепла в результате испарения нефтепродуктов.

Формула (3) используется для обозначения тепла, равномерно распределяющегося в резервуаре

$$Q_{kr} = \frac{\lambda \varepsilon kl}{\delta} S_{kr} (t_{kr} - t) + kr S_{kr} (t_{kr} - t). \quad (4)$$

Температуру кровли резервуара можно определить из теплового баланса кровли:

$$AIS_{kr} - (a_{1+k} + a_{1+q}) S_{kr} (t_{kr} - t_0) - S_{kr} (a_{b+1} - a_{b2}) (t_{kr} - t_0) = 0. \quad (5)$$

Количество тепла, поступающего с боковых сторон резервуара, можно определить по следующей формуле:

$$Q_q = a_q S_q (t_q - t). \quad (6)$$

Температуру боковой поверхности резервуара можно определить из следующего теплового баланса t_q :

$$\sum AI =_{kr} S_r + AI_{qq} S_{qp} = (\alpha_{1+k} + \alpha_{1+p}) (t_q - t_0) S_q + \alpha_h (t_q - t_0) S_q. \quad (7)$$

Потеря количества тепла, выделяемого при испарении, связано с повышением температуры газового пара в газозоудном пространстве резервуара. Повышение температуры, в свою очередь, увеличивает давление в газозоудном пространстве, что приводит к открытию «дыхательного» клапана и потере части паров продукта.

Согласно результатам расчетов и экспериментов (2), теплота, необходимая для испарения нефтепродуктов, очень мала по сравнению с общим теплом, поэтому это тепло не может быть учтено при оценке температуры нефтепродукта (для испарения 1 кг бензина требуется 65,4 кДж, а для испарения 1 кг воды – $539 \cdot 4,2$ кДж), т. е. удельная теплота испарения бензина меньше, чем у воды (в 100 °C) (5) и (7). Используя формулы, получаем дифференциальное уравнение, вычитая t_{kr} и t_q из формул (4) и (6), а также подставляя значения Q_{kr} и Q_q , затем получаем окончательное уравнение, подставляя в него значения I и t_0 из формул (1) и (2):

$$\frac{dt}{d\tau} = M_1 e^{j\omega\tau} + M_2 t + M_3. \quad (8)$$

В уравнении (8) постоянные величины M_1 , M_2 и M_3 равны:

$$M_1 = \frac{1}{CM} K_1 \left(\frac{\lambda \varepsilon k\omega}{\delta} S_{kr} + \alpha S_{kr} \right) I_2 + \left[K_2 \left(\frac{\lambda \varepsilon k\omega}{\delta} S_{kr} + \alpha S_{kr} \right) + \alpha_q S_q \cdot K_q \right] t_{2g} l^{\frac{\pi}{4}} + 4\alpha_q \cdot SK;$$

$$M_2 = \frac{1}{CM} \left[K_3 \left(\frac{\lambda \varepsilon k\omega}{\delta} S_{kr} + \alpha S_{kr} \right) \right] + \alpha_q S_q \cdot K_7 - \alpha_q S_q;$$

$$M_3 = \frac{1}{CM} \left\{ \alpha_q S_q K_4 + K_1 \left(\frac{\lambda \varepsilon k\omega}{\delta} S_{kr} + \alpha S_{kr} \right) I_1 + \left[K_2 \left(\frac{\lambda \varepsilon k\omega}{\delta} S_{kr} + \alpha S_{kr} \right) + \alpha_q S_q \cdot K \right] t_{01}; \right.$$

$$K_2 = \frac{D_1}{D_1 + D_2}; \quad K_5 = \frac{D_2}{D_1 + D_2};$$

$$K_3 = \frac{B_1}{D_3 + D_4}; \quad K_1 = \frac{AS_{kr}}{D_1 + D_2}; \quad K_4 = \frac{B_0}{D_3 + D_4};$$

$$K_6 = \frac{D_2}{D_3 + D_4}; \quad K_7 = \frac{D_3}{D_3 + D_4};$$

$$D_1 = (\alpha_{1-\alpha} + \alpha_{1-\alpha})S_{kr}; \quad D_2 = (\alpha + \alpha_x)S_{kr};$$

$$D_3 = (\alpha_{1-\alpha} + \alpha_{1-\alpha})S_q;$$

$$D_4 = \alpha_q S_q;$$

$$B_0 = I_q \cdot S_q A + I_q S_q A + I_q S_q A + IC_1 S_q \cdot A;$$

$$B_1 = \frac{S_{yq}}{4} BA;$$

$$B_1 = I_{q2} e^{-i\varphi q} + I_{qb} e^{\varphi q h} + I_{dq2} e^{-i\varphi q}.$$

В этом уравнении I_{q2} , I_{qb} , I_{dq} и I_{q0} – интенсивности солнечного излучения, падающего на разные стороны водоема. Дифференциальное уравнение (8) можно решить только при начальных условиях $\tau = 0$ и $t = t_1$. Такой расчет более точен при условии хранения нефтепродуктов в резервуаре длительное время.

В результате уравнение для температуры нефтепродуктов можно записать следующим образом:

$$t = \left[\frac{M_1}{(i\omega - M_2)} e^{(i\omega - M_2)\tau} - \frac{M_3}{M_2} - e^{-M\tau} + t_{bx} \frac{M_1}{(i\omega - M_2)} + \frac{M_3}{M_2} \right] e^{M_2\tau}. \quad (9)$$

При длительном хранении нефтепродуктов в резервуарах их температура приобретает свойство периодически изменяться.

Рассмотрим ниже решение этого уравнения (9):

$$t = B_1 + B_2 e^{j\omega}. \quad (10)$$

Подставляя значение t в уравнения (8), (10) и находя сумму его коэффициентов и свободных членов справа и слева от полученного уравнения по нулю (0), находим величины B_1 и B_2 :

$$B_1 = \frac{M_3}{M_2}; \quad B_2 = \frac{M_1}{i\omega \left(i - \frac{M_2}{i\omega} \right)}.$$

Таким образом, уравнения (9) и (10) позволяют построить график, в котором температура нефтепродуктов изменяется с течением времени для соответствующих условий.

Л и т е р а т у р а

1. Нормы естественной убыли нефтепродуктов при приеме, транспортировании, хранении и отпуске на объектах магистральных нефтепродуктопроводов : РД 153-39.4-033-98. – Режим досупа: <http://www.nge.ru/info/norm.htm>.
2. Буслаева, И. И. Оценка несущей способности резервуаров при неравномерных осадках основания в условиях Севера : дис. ... канд. техн. наук / И. И. Буслаева. – Якутск, 2004. – 135 с.